**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Взаимодействие оптического излучения с веществом

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 8 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 12 | 12 | часов |
| 2 | Практические занятия | 16 | 16 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 8 | 8 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 36 | 36 | часов |
| 5 | Из них в интерактивной форме | 28 | 28 | часов |
| 6 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 7 | Всего (без экзамена) | 72 | 72 | часов |
| 8 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 9 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е |

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 17131

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 58 от « 8 » 2 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, утвержденного 03 сентября 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

ст. преподаватель каф. ЭП _____ В. В. Щербина

Заведующий обеспечивающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф. ЭП _____ С. М. Шандаров

Эксперты:

председатель методической комиссии кафедры ЭП, профессор каф. ЭП кафедра ЭП _____ Л. Н. Орликов

Согласована на портале № 17131

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов представлений о взаимодействии интенсивного излучения с веществом - важнейшем научном разделе оптической физики.

### 1.2. Задачи дисциплины

– – дать студентам современные специальные знания с учетом последних научных достижений в области лазерных воздействий на вещество, включая механизмы поглощения света и передачи энергии;

– – изучить закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов;

– – дать представления об оптическом пробое прозрачных сред.

–

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Взаимодействие оптического излучения с веществом» (Б1.В.ДВ.5.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Когерентная оптика и голография, Научно-исследовательская работа, Оптические методы обработки информации, Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики;

– ПК-2 готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** механизмы поглощения света и передачи энергии; закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; механизмы оптического пробоя прозрачных сред; знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными применительно к процессам взаимодействия оптического излучения с веществом; знать методы математического анализа поставленной задачи исследований в процессах взаимодействия оптического излучения с веществом;

– **уметь** строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных; уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов;

– **владеть** современными подходами и методикам построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием информационных, компьютерных технологий; владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 8 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 36 | 36 |

Согласована на портале № 17131

| | | |
|---|---|---|
| Лекции | 12 | 12 |
| Практические занятия | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | 8 | 8 |
| Из них в интерактивной форме | 28 | 28 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | 8 |
| Проработка лекционного материала | 14 | 14 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 14 | 14 |
| Всего (без экзамена) | 72 | 72 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 3.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | 1 | 2 | 0 | 4 | 7 | ПК-1, ПК-2 |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | 1 | 2 | 0 | 4 | 7 | ПК-1 |
| 3 Распространение света в анизотропной среде | 1 | 2 | 0 | 4 | 7 | ПК-1, ПК-2 |
| 4 Взаимодействие света с границей раздела сред | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | ПК-2 |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | 2 | 6 | 2 | 8 | 18 | ПК-1, ПК-2 |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | 1 | 2 | 2 | 6 | 11 | ПК-1, ПК-2 |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | 1 | 0 | 2 | 4 | 7 | ПК-2 |
| 8 Тепловое действие оптического излучения на вещество | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПК-1, ПК-2 |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | 2 | 2 | 2 | 3 | 9 | ПК-1, ПК-2 |

Согласована на портале № 17131

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Итого за семестр | 12 | 16 | 8 | 36 | 72 | |
| Итого | 12 | 16 | 8 | 36 | 72 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Модели нелинейной поляризации. Временная и пространственная дисперсии | 1 | ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | Электронная теория дисперсии Лоренца. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Рассеяние света | 1 | ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 3 Распространение света в анизотропной среде | Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Эллипсоид показателей преломления. Формулы Френеля. Двойное лучепреломление света на границе с анизотропной средой. Наведенная анизотропия: электро- и магнитооптические эффекты | 1 | ПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 4 Взаимодействие света с границей раздела сред | Отражение и преломление света на границе раздела сред. Формулы Френеля. Эффект Брюстера. Отражение светаот поверхности металла. | 1 | ПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Симметрия кристаллов. Квадратично и кубично-нелинейные кристаллы. Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Генерация второй оптической | Интегралы движения для генерации | 1 | ПК-2 |

Согласована на портале № 17131

| | | | |
|---|---|---|---|
| гармоники в кристаллах | второй гармоники. Аналитические решения системы укороченных уравнений. Эффективность преобразования во вторую гармонику. Приближения заданной интенсивности и заданного поля | | |
| | Итого | 1 | |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | Генерация суммарной частоты. Повышение частоты вверх (анконверсия). Генерация разностной частоты в терагерцовый диапазон. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. Самофокусировка света. | 1 | ПК-2 |
| | Итого | 1 | |
| 8 Тепловое действие оптического излучения на вещество | Оптический нагрев поглощающей среды. Импульсный нагрев поверхности металла лазерным излучением. Лазерный отжиг полупроводников. Физические принципы лазерного термоядерного синтеза. | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Сверхсильные световые поля. Новые технологии базирующиеся на фемтосекундных импульсах. Перспективы исследований взаимодействия фемтосекундных импульсов с веществом. | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 12 | |

**5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Когерентная оптика и голография | | | | + | | | | | |
| 2 Научно-исследовательская работа | | | | | + | | | | + |
| 3 Оптические методы обработки информации | | | | | + | | | | + |
| 4 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных уме- | | | | | | | | + | |

Согласована на портале № 17131

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ний и навыков научно-исследовательской деятельности | | | | | | | | | |

**5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий**

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |
| ПК-2 | + | + | + | + | Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лабораторные занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| Мозговой штурм | 10 | | | 10 |
| Презентации с использованием интерактивной доски с обсуждением | | | 10 | 10 |
| Исследовательский метод | | 8 | | 8 |
| Итого за семестр: | 10 | 8 | 10 | 28 |
| Итого | 10 | 8 | 10 | 28 |

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 17131

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Моделирование распространения световых пучков в оптически неоднородных средах | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 8 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Модели нелинейнойполяризации. Временная и пространственная дисперсии | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | Электронная теория дисперсии Лоренца. Дисперсия и поглощение света в линейной изотропной среде. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Рассеяние света | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Распространение света в анизотропной среде | Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура | 2 | ПК-1 |

Согласована на портале № 17131

| | | | |
|---|---|---|---|
| | световой волны в анизотропном кристалле. Эллипсоид показателей преломления. Формулы Френеля | | |
| | Итого | 2 | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения | 2 | ПК-2 |
| | Интегралы движения для генерации второй гармоники. Аналитические решения системы укороченных уравнений. Эффективность преобразования во вторую гармонику. | 2 | |
| | Оптический нагрев поглощающей среды. Импульсный нагрев поверхности металла лазерным излучением | 2 | |
| | Итого | 6 | |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | Генерация разностной частоты в терагерцовый диапазон. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Сверхсильные световые поля. Новые технологии базирующиеся на фемтосекундных импульсах. | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| 1 Физические основы взаимодействия света и вещества | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1, ПК-2 | Домашнее задание, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Распространение света в линейной изотропной среде | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного | 2 | | |

Согласована на портале № 17131

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | материала | | | |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Распространение света в анизотропной среде | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1, ПК-2 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Взаимодействие света с границей раздела сред | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-2 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| 5 Нелинейно-оптическое взаимодействие света с кристаллами | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 6 Генерация второй оптической гармоники в кристаллах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 7 Другие нелинейно-оптические явления в кристаллах | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-2 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 8 Тепловое действие оптического излучения на вещество | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1, ПК-2 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| 9 Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ПК-2, ПК-1 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного | 0 | | |

Согласована на портале № 17131

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | материала | | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 3 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 8 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Конспект самоподготовки | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Опрос на занятиях | 2 | 4 | 4 | 10 |
| Отчет по лабораторной работе | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Итого максимум за период | 22 | 24 | 24 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 22 | 46 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|

Согласована на портале № 17131

| | | |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Оптика : Учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. - М. : Физматлит, 2006. - 848 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Взаимодействие оптического излучения с веществом: учебное пособие / П. П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2007. - 151 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 89 экз.)
2. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. - М.: Мир, 1987. – 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)
3. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.: Наука, 1989. – 557 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления 210100.62 – "Электроника и наноэлектроника" / Щербина В. В., Шандаров С. М. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4089, дата обращения: 15.03.2017.
2. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания по самостоятельной работе / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1348, дата обращения: 15.03.2017.
3. Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1352, дата обращения: 15.03.2017.
4. Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью : Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1351, дата обращения: 15.03.2017.
5. Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1349, дата обращения: 15.03.2017.

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;

Согласована на портале № 17131

– в печатной форме.

### 12.4. Ресурсы сети Интернет

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

#### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, ауд. 111.

#### 13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 111. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 14. Фонд оценочных средств

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

Согласована на портале № 17131

### 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 17131

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Взаимодействие оптического излучения с веществом

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**
Направленность (профиль): **Фотоника нелинейных, волноводных и периодических структур**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ЭП, Кафедра электронных приборов**
Курс: **4**
Семестр: **8**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:
- ст. преподаватель каф. ЭП В. В. Щербина

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 17131

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПК-1 | способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики | Должен знать механизмы поглощения света и передачи энергии; закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; механизмы оптического пробоя прозрачных сред; знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными применительно к процессам взаимодействия оптического излучения с веществом; знать методы математического анализа поставленной задачи исследований в процессах взаимодействия оптического излучения с веществом; ;<br>Должен уметь строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных; уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов; ;<br>Должен владеть современными подходами и методикам построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием информационных, компьютерных технологий; владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования. ; |
| ПК-2 | готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов | |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 17131

| критерии | | | |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | механизмы поглощения света и передачи энергии; закономерности нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов; механизмы оптического пробоя прозрачных сред; | строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; | современными подходами и методикам построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применениемэтих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые | • Отчет по лаборатор- | • Отчет по лаборатор- | • Отчет по лаборатор- |

Согласована на портале № 17131

| | | | |
|---|---|---|---|
| средства оценивания | ной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | ной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | ной работе;<br>• Домашнее задание;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • Обладает фактическими и теоретическими знаниями о механизмах поглощения света и передачи энергии ;<br>• обладает фактическими и теоретическими знаниями о закономерностях нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов;<br>• обладает фактическими и теоретическими знаниями о механизмах оптического пробоя прозрачных сред ; | • строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; | • современными подходами и методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для разработки и исследований устройств фотоники; |
| Хорошо (базовый уровень) | • Знает принципы,процессы, общие понятия о механизмах поглощения света и передачи энергии;<br>• знает принципы,процессы, общие понятия о закономерностях нагрева и лазерного разрушения поглощающих материалов;<br>• знает принципы,процессы, общие понятия о механизмах оптического пробоя прозрачных сред; | • строить математические и физические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом с последующим применением этих моделей для исследований; | • современными подходами и методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • Обладает базовыми общими знаниями о механизмах поглощения света и передачи энергии;<br>• обладает базовыми общими знаниями о закономерностях нагрева и лазерного разрушения | • строить математические модели процессов взаимодействия световых волн с веществом; | • методиками построения математических и физических моделей процессов взаимодействия световых волн с веществом ; |

Согласована на портале № 17131

| | | | |
|---|---|---|---|
| | поглощающих материалов; | | |

**2.2 Компетенция ПК-2**

ПК-2: готовностью к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными применительно к процессам взаимодействия оптического излучения с веществом; знать методы математического анализа поставленной задачи исследований в процессах взаимодействия оптического излучения с веществом | моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных; уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов | методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием информационных, компьютерных технологий; владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования. |
| Виды занятий | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Интерактивные лекции;<br>• Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Интерактивные практические занятия;<br>• Интерактивные лабораторные занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • знать методы математического моделирования, обработки и анали- | • уметь моделировать различные процессы взаимодействия оптиче- | • свободно и творчески решать уравнения в частных производных |

Согласована на портале № 17131

| | | | |
|---|---|---|---|
| | за информации в уравнениях с частными производными при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;<br>• знать методы математического анализа поставленной задачи исследований при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом; | ского излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных;<br>• уметь писать макросы и осуществлять взаимосвязь файлов для самостоятельно разработанных программных продуктов; | для теоретических и практических задач с широким использованием стандартных и продвинутых компьютерных технологий;<br>• свободно и уверенно владеть стандартными и продвинутыми программными пакетами автоматизированного проектирования; |
| Хорошо (базовый уровень) | • знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом;<br>• знать методы математического анализа поставленной задачи исследований при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом; | • уметь моделировать типовые процессы взаимодействия оптического излучения с веществом как краевые задачи для уравнений в частных производных;<br>• уметь писать макросы для самостоятельно разработанных программных продуктов; | • владеть методами решения уравнений в частных производных для теоретических и практических задач с использованием стандартных компьютерных технологий;<br>• уверенно владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования ; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • знать методы обработки и анализа информации в уравнениях с частными производными;<br>• знать методы математического анализа поставленной задачи исследований при описании процессов взаимодействия оптического излучения с веществом; | • уметь моделировать реальные процессы взаимодействия оптического излучения с веществом, представленные как краевые задачи для уравнений в частных производных; | • под наблюдением владеть методами решения уравнений в частных производных для практических задач с использованием компьютерных технологий;<br>• владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Вопросы на самоподготовку

– Временная и пространственная дисперсии Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Рассеяние света Наведенная анизотропия: электро- и магнитооптические эффекты Отражение света от поверхности металла. Уравнения для амплитуд связанных волн. Скалярные укороченные уравнения Приближения заданной интенсивности и заданного поля Самофокусировка света. Физические принципы лазерного термоядерного синтеза. Сверхсильные световые

Согласована на портале № 17131

поля.

### 3.2 Темы домашних заданий

– Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Оптическая анизотропия и основные эффекты кристаллооптики. Структура световой волны в анизотропном кристалле. Интегралы движения для генерации второй гармоники. Приближения заданной интенсивности и заданного поля Генерация суммарной частоты. Повышение частоты вверх (анконверсия). Параметрическое усиление. Сверхсильные световые поля. Симметрия кристаллов.

### 3.3 Темы опросов на занятиях

– Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Распространение светового импульса в диспергирующей среде. Формулы Френеля. Двойное лучепреломление света на границе с анизотропной средой. Интегралы движения для генерации второй гармоники. Генерация суммарной частоты. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. Оптический нагрев поглощающей среды. Квадратично- и кубично нелинейные кристаллы.

### 3.4 Экзаменационные вопросы

– Уравнения Максвелла. Вектор поляризации. Основное материальное уравнение. Нелинейная поляризация в волновом уравнении. Отражение и преломление света на границе раздела сред. Формулы Френеля. Эффект Брюстера. Эффективные нелинейные коэффициенты, волновая расстройка. Интегралы движения для генерации второй гармоники. Генерация суммарной частоты. Параметрическое усиление. Параметрическая генерация. Физические принципы лазерного термоядерного синтеза.

### 3.5 Темы лабораторных работ

– Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах
– Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света
– Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью
– Моделирование распространения световых пучков в оптически неоднородных средах

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Оптика : Учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. - М. : Физматлит, 2006. - 848 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

### 4.2. Дополнительная литература

1. Взаимодействие оптического излучения с веществом: учебное пособие / П. П. Гейко. - Томск: ТУСУР, 2007. - 151 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 89 экз.)
2. Ярив А., Юх П. Оптические волны в кристаллах. - М.: Мир, 1987. – 616 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)
3. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.: Наука, 1989. – 557 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления 210100.62 – "Электроника и наноэлектроника" / Щербина В. В., Шандаров С. М. - 2014. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4089, свободный.
2. Взаимодействие оптического излучения с веществом: Методические указания по самостоятельной работе / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа:

Согласована на портале № 17131

https://edu.tusur.ru/publications/1348, свободный.

3. Моделирование распространения световых пучков в нелинейных средах: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1352, свободный.

4. Моделирование параметрической генерации света в средах с квадратичной нелинейностью : Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 14 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1351, свободный.

5. Эффективность генерации второй гармоники ограниченными пучками света: Методические указания к лабораторным работам / Гейко П. П. - 2012. 19 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1349, свободный.

### 4.4. Ресурсы сети Интернет

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Образовательный портал университета, библиотека университета

Согласована на портале № 17131